

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS RADIOGRÁFICOS CONVENCIONAIS E DIGITAIS: REVISÃO DE LITERATURA

Alvaro Santana de Albuquerque¹
Amanda Mayara Sampaio dos Santos²
Camila Maria Alves Camelo³
Giselda Gomes da Silva⁴
Tacianne Monik Santos Magalhães⁵
Vanessa Galvão Paixão de Araújo⁶
Marcos Ely Almeida Andrade⁷

Radiologia



ISSN IMPRESSO 1980-1769
ISSN ELETRÔNICO 2316-3151

RESUMO

O surgimento dos sistemas de radiologia digital proporcionou muitos benefícios aos pacientes e profissionais. As imagens digitais podem ser armazenadas e transferidas via internet, além de ser manipuladas utilizando programas computacionais, que permitem realizar ajustes no contraste e brilho, sem a necessidade de expor o paciente novamente à radiação ionizante. Estas possibilidades tornam os exames mais rápidos e eficientes, com visualização das imagens quase simultânea à aquisição, quando comparada à radiologia convencional. Por outro lado, alguns trabalhos mostram que as doses absorvidas pelos pacientes submetidos à radiografia digital são significativamente maiores que as doses em sistemas convencionais. Desse modo, este trabalho visa resgatar da literatura as principais diferenças entre os sistemas de radiologia convencional e digital, para determinar o sistema mais eficiente, levando em conta suas respectivas vantagens e limitações. Na literatura é ressaltado que para otimizar a dose de radiação no paciente utilizando o sistema digital é necessário fazer uso do modo manual, porque no automático o paciente pode ser exposto a uma dose maior e desnecessária para a formação da imagem. Todavia o sistema radiológico digital apresenta mais benefícios aos pacientes, profissionais e o meio ambiente, quando comparado com a radiologia convencional.

PALAVRAS-CHAVE

Radiografia digital. Sistemas radiográficos. Otimização.

ABSTRACT

The technological revolution in medical radiology in recent decades, with the emergence of digital radiology systems, provided many benefits for patients and professionals. Digital images can be stored and transferred via the Internet in addition to being manipulated using computer programs that allow to make adjustments in contrast and brightness, without having to expose the patient to ionizing radiation again. These possibilities make them faster and efficient examinations with visualization of almost simultaneous images acquisition compared to conventional radiology. However, some studies show that dosages absorbed by patients undergoing digital radiography are significantly higher than the doses in conventional systems. Thus, this paper aims to clarify the main differences between conventional and digital radiology systems, to determine the system more efficient, taking into account their respective advantages and disadvantages. In the literature it is emphasized that to optimize the radiation dose to the patient using the digital system it is necessary to use the manual mode because the automatic patient can be exposed to a higher dose and unnecessary for the image formation. But, the digital radiographic system is more beneficial to patients, professionals and the environment when compared with conventional radiology.

KEYWORDS

Digital radiography. X-ray systems. Optimization.

1 INTRODUÇÃO

A radiologia vem evoluindo com o passar das décadas. Desde a descoberta do Raio X por Wilhem Conrad Roentgen há uma evolução tecnológica crescente associada à necessidade de se obter imagens perfeitas, com processamentos curtos sem soluções químicas e fazendo uso de ferramentas para modificar as imagens, o que deu margem para o surgimento da radiologia digital, a qual vem surpreendendo cada vez mais com a qualidade da imagem [1].

Desde então, o sistema digital se aprimora ao longo dos anos, trazendo para o mercado médico tecnologias altamente avançadas, com extensa capacidade de armazenamento e ferramentas com o poder de ajustar o brilho e contraste da imagem, podendo reduzir até 90% da dose de radiação no paciente. A radiografia digital pode ser obtida de modo direto ou indireto, nas quais apresentam como vantagens a eliminação do filme, do processamento radiográfico e com formação quase imediata da imagem no monitor do computador, amortizando os gastos com soluções químicas para processamento e possibilitando arquivamento das imagens digitais, intercâmbio por profissionais e otimizando as doses de radiações tanto nos pacientes quanto nos profissionais [2].

O objetivo deste trabalho é abordar as principais diferenças entre os sistemas radiográficos convencionais e digitais, levando em conta suas respectivas vantagens e limitações no tangente às doses inerentes e a qualidade da imagem radiográfica.

2 METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado utilizando o método da revisão de literatura, através da análise de informações contidas em livros de ciências radiológicas e artigos científicos, localizados com o uso de sites de busca e indexadores, como Periódicos Capes, Google Acadêmico, Scielo e similares que contivessem técnicas empregadas na radiologia convencional, computadorizada e digital, que resultem na redução das doses de radiação absorvidas pelos pacientes, bem como a otimização dos procedimentos realizados à luz da proteção radiológica.

3 REVISÃO DE LITERATURA

As imagens radiológicas são extremamente importantes para aplicar um diagnóstico correto através das alterações e patogenias existentes. Para isso, é necessário obter um bom nível de qualidade da imagem.

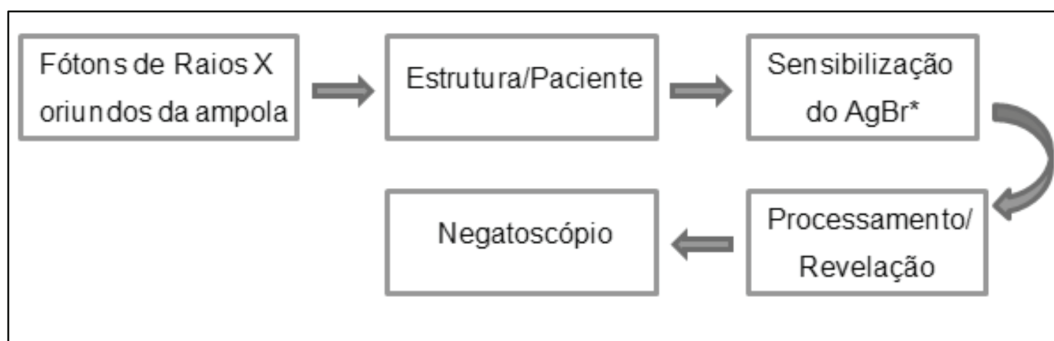
A qualidade da imagem está ligada a uma série de fatores físicos e operacionais que, quando bem combinados, acarretam, em um diagnóstico preciso de patogênese e níveis seguros de operação para todos os envolvidos no procedimento, tendo em vista que a radiação trata-se de um ente invisível e inodoro além de ser acumulativo e ter potencial destrutivo e mutagênico no organismo. Sabendo-se disto, com o passar dos anos surgiu a preocupação com as Doses de Radiação entre a classe médica e científica de forma que, se passou a perseguir a boa imagem com a menor dose possível além da otimização dos equipamentos bem como a implantação de normas pertinentes ao uso adequado da radiação e até a novas técnicas empregando o mesmo princípio, como por exemplo, a Radiografia Digital. A qualidade da imagem na radiologia digital (DR) está associada ao número de bits per pixel e do próprio tamanho do pixel e da matriz do equipamento, que traduzem em resolução espacial e quantidades de tons de cinza que simulam seu respectivo tamanho e a densidade ótica referente à estrutura dando a ideia de contraste. Também depende do brilho que representa a intensidade de luz na imagem, que são obtidas através de sensores eletrônicos ou óticos sensíveis a radiação [1].

3.1 Formação da imagem no sistema radiológico convencional (filme-ecrân)

A imagem radiográfica para ser gerada no sistema convencional segue uma sequência de procedimentos. Os fótons de radiação são gerados no tubo de raios-X do equipamento. A geração desses fótons ocorre quando passa uma corrente

elétrica (mA) no filamento no Cátodo e neste, haverá uma concentração de elétrons. Posteriormente, é aplicada uma diferença de potencial (ddp expressa em Kvp) na ampola que fará com que os elétrons se desprendam do filamento e sejam acelerados em direção ao alvo do Ânodo, onde ocorre uma colisão entre os elétrons com o alvo do anodo e neste impacto são gerados 99% de calor e apenas 1% de fótons de raios-X. Tais fótons variam a carga energética e são definidos como fótons de baixo, médio ou alto potencial energético [8]. A Figura 1 apresenta um fluxograma que mostra uma sequência da formação da imagem no sistema radiográfico convencional.

Figura 1: Etapas de Formação da Imagem



Os raios X saem da ampola e atravessam a estrutura do paciente sensibilizando os Cristais de Prata do filme que está posicionado posteriormente à estrutura. O filme sensibilizado é então submetido à revelação Química que consiste nas etapas de: **Revelação** com solução Básica; **Fixação** com solução Ácida, **Lavagem** com água para remover o excesso de químicos e enfim, a **Secagem** [8].

3.1.1 Vantagens e Limitações

A Radiografia convencional é utilizada até hoje, mas está sendo substituída pela CR (Radiologia Computadorizada) e DR (Radiologia Digital) devido o tempo de processamento e a qualidade da imagem. Ela apresenta como limitação Falhas no Processamento Químico de Revelação, podendo esta apresentar Sub ou Super Revelação prejudicando a resolução de Baixo Contraste e culminando na repetição do exame e em mais dose no paciente. Além de utilizar Insumos Químicos no que são altamente nocivos e poluentes ao meio ambiente. Apresenta também a necessidade de monopolizar as imagens após adquiri-las [1].

Contudo, ela apresenta como Vantagem o fato de poder selecionar os fatores físicos manualmente, implicando numa otimização benéfica em termos de redução de dose e qualidade da imagem final [1].

3.2 Formação da imagem no sistema radiológico digitalizado (CR)

A Radiologia Computadorizada (CR) utiliza o aparelho de raio x convencional para gerar os fótons X, mas a detecção desses fótons e o modo que a imagem é gerada são diferentes do modo convencional (Filme-écran). O CR é composto por uma estação de trabalho com programas de aquisição de imagens, unidade de leitora e cassetes com placas de “fósforos” de diversos tamanhos [3].

O Sistema CR utiliza chassis eletrônicos semelhantes ao sistema convencional onde o conjunto de filme-écran é substituído por um sistema de *fósforos*¹ com características de luminescência foto-estimulável. A placa de fósforo armazena a energia dos fótons de raios-X e a libera em forma de luz após receber o estímulo de uma luz de infravermelho. Esse modo de revelar a imagem ocorre de modo automático. A Leitora possui um sistema mecânico que conduz o cassete e o abre fazendo uma varredura com o laser para estimular o fósforo e liberar os elétrons em forma de luz. A luz liberada é convertida em sinais elétricos e estes em digitais sendo posteriormente enviadas para monitores onde pode ser devidamente digitalizado [3].

3.2.1 Vantagens e Limitações

Esse sistema utiliza cassetes com placas de imagens reutilizáveis em até 40.000 vezes, o que elimina o custo com os filmes radiográficos. As imagens obtidas são digitalizadas e exibidas no monitor de uma estação de trabalho, onde pode ser manuseadas, transferidas ou armazenadas. A sua limitação é o aumento da exposição à radiação no paciente, pois se faz necessário para otimizar os ruídos na imagem. Esse procedimento é um risco muito grande à saúde do paciente, porque os profissionais podem compensar imprecisões técnicas de exposição, podendo estimular exposição maior do que é devido [4].

3.3 Formação da imagem no sistema digital (DR)

A imagem radiográfica digital é obtida pela conversão do feixe de radiação em sinais elétricos. Essas conversões geralmente são realizadas através de detectores acoplados ao aparelho de raios-X em aparelhos digitais e não requer uso de chassis ou cassetes, pois utiliza-se de uma tecnologia de leitura direta e instantânea na aquisição da imagem através dos detectores CCD (Charge-Coupled Device) ou detectores digitais no painel plano [5].

A conversão direta ocorre quando o feixe de raios-X é convertido diretamente em cargas elétricas através de um fotocondutor de raios-X, geralmente se utiliza o selênio amorfo. Na conversão indireta, os fótons de raios-X são convertidos primeiramente em luz através de um cintilador e em seguida a luz é convertida em sinais elétricos através de um fotodetector de silicone amorfo, que está integrado a fotodiodos ou CCd [5].

1. Elementos ou materiais que quando excitados, emitem luz numa dada frequência/cor.

3.3.1 Vantagens e Limitações

Os exames radiológicos são rápidos, pois as imagens são enviadas diretamente para o computador em forma de sinais elétricos sendo visualizadas quase que instantaneamente no monitor com uma melhor resolução e qualidade, fazendo com que a produtividade seja superior ao sistema radiográfico convencional, economizando tempo de transporte e processamento das imagens. Outro benefício que o paciente dispõe nesse sistema, é a possibilidade de obter um laudo pelo especialista mais rápido, pois a imagem pode ser transmitida de um local a outro.

As vantagens dos sistemas de radiografias digitais são:

1. Não utiliza filmes radiográficos nem chasis.
2. Economia no tempo e no processamento das imagens.
3. Boa resolução e qualidade da imagem.
4. Possuem um método não poluente e ecologicamente correto, pois não necessita de processamentos químicos na revelação na imagem.
5. Redução de dose de raios-X, para isso basta ajustar os fatores (Kv e mAs) para obter uma imagem sinal-ruído conveniente e otimizar a dose de radiação absorvida pelo paciente [6].

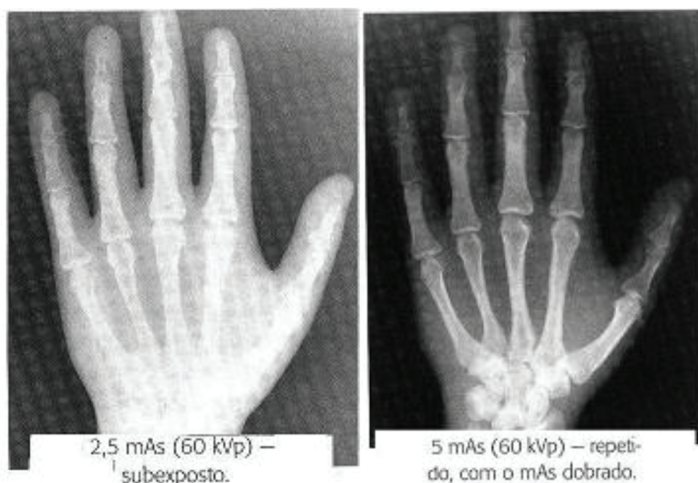
3.4 Comparativo entre a qualidade das imagens nos sistemas de diagnósticos convencionais e digitais

Para a maioria dos profissionais a imagem perfeita deve apresentar ótima resolução espacial, contraste, ter baixo custo, permitir a portabilidade, não ser invasiva e descrever todas as funções anatômicas e fisiológicas [7].

Visando atender essas necessidades surgiram vários equipamentos com recursos informatizados que proporcionam melhoria na qualidade da imagem. Contudo a radiografia convencional ou Digital necessita conter os fatores básicos (**Densidade Ótica, Detalhe, Contraste e Distorção**) para gerar uma imagem de qualidade no diagnóstico [3].

Densidade Ótica (DO) é o grau de enegrecimento da radiografia e esta presente desde a cor preta até o branco. A superexposição ou a subexposição da imagem podem resultar em uma radiografia de péssima qualidade como visto na Figura 2 e submeter o paciente a outra exposição aumentando a dose de radiação.

Figura 2: Comparação da Densidade ótica em Diferentes mAs



Fonte: Botranger. K.L. 2006, pagina 43 [8].

O **Contraste** é a variação da (DO) na radiografia e torna a imagem anatômica mais visível. Ele é o resultado das diferenças anatômicas nas atenuações do feixe de raios-X ao atravessar os diversos tecidos do corpo e tem como principal controlador o kVp (Quilovoltagem de pico), que controla a resolução do contraste, porém a redução do contraste requer uma maior exposição para elevar os tons de cinza [3].

Pode-se descrever o **Detalhe** na radiografia como a nitidez das pequenas estruturas e é controlada pelos fatores da distância foco-filme (DFoFi) e distância objeto-receptor (DOR) e sofre influência da tela intensificadora. A capacidade de visualizar o detalhe na radiografia é descrita como a visibilidade do detalhe de imagem, que geralmente é medida pela resolução do contraste. Os fatores que fornecem melhor a visibilidade do detalhe na imagem é a colimação e as grades anti-espalhamento.

O quarto fator que interfere na qualidade da imagem é a **Distorção**, que está relacionado diretamente ao tamanho e forma do objeto e a utilização incorreta do receptor de imagem e o tudo de raios X, quando mal posicionados, podem acarretar no alongamento da imagem. O modo de minimizar a distorção na imagem radiográfica é através do alinhamento adequado do tubo, parte anatômica e do receptor de imagem [3].

3.5 Dosimetria

A palavra dosimetria é por si só tão explícita quanto é amplo o significado do termo dose. Do cotidiano, dose, tanto pode ser uma quantidade de gotas de um medicamento, como o de volume de uma determinada bebida. No campo de aplicação da Física Nuclear, a palavra dose assume uma importância muito grande, porque aparece sempre, ou quase sempre, associada à radiação ionizante.

O objetivo da dosimetria das radiações é a determinação da taxa de exposição ou seja, do “dose-rate” da radiação considerada num ponto específico de um meio, seja ele vivo ou não. Dessa taxa de exposição, originar-se-á a dose de exposição, a dose de absorção a até o efeito por ela produzido no meio. Tais determinações exigem um certo número de fatores e parâmetros que se originam no processo aleatório das desintegrações nucleares e envolve, além de conhecimentos biológicos e geométricos, outros, tais como espectros de energia, esquemas de desintegração, blindagem, atenuação, detecção [11].

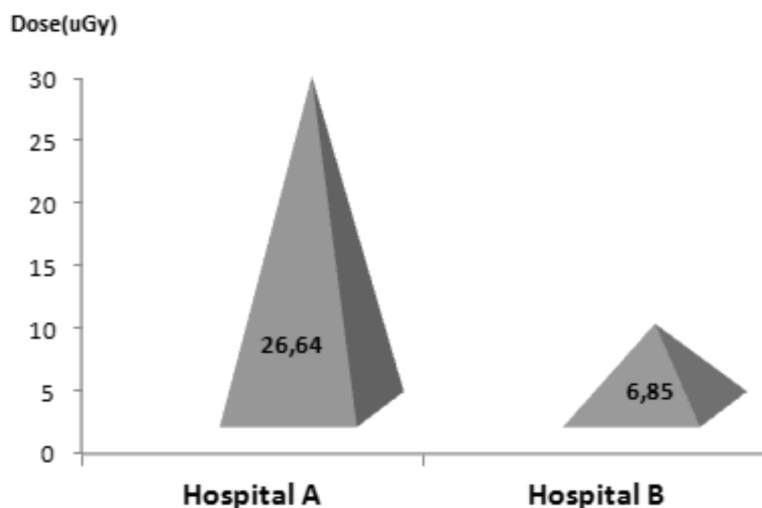
Em uma pesquisa realizada nos pacientes de dois hospitais **A**, cujo mesmo utiliza Sistema de Digitalização de Imagens e o **B**, que por sua vez, utiliza o sistema Convencional- a fim de determinar a DEP (Dose de Entrada na Pele) dos pacientes destes dois hospitais, conforme visto na tabela1 e figura 2.

Tabela 1: Distribuição das médias das Doses por Hospital com seu respectivo sistema de aquisição de Imagem. A saber, Hospital A (Sistema de Digitalização de Imagem) e B (Sistema Convencional).

		Nº Exames	Média DEP (\bar{x})	Desvio Padrão (σ)	Mínimo	Máximo
Hospital	A	30	26,64 μ Gy	18,02	4,92 μ Gy	91,6 μ Gy
	B	30	6,85 μ Gy	2,74	2,44 μ Gy	13,56 μ Gy

Fonte: Carvalho et al., 2007 [9].

Figura 2: distribuição da média das doses por hospital com representação da dose em μ Gy por cada hospital. .



Fonte: Carvalho et al., 2007 [9].

Os dados obtidos nos dois sistemas de aquisição de imagem, mostram que a média das doses eram maior no hospital A (DR) que no hospital B que usava o sistema convencional, com diferenças de 19,79 μ Gy entre as médias da DEP de ambos os

hospitais e poderia ser maior, se considerado as doses máximas atingidas em ambos os sistemas, chegando a até 78,04 μ Gy de diferença [9].

O Hospital B utilizava filtração secundária de 1,6mm de Al enquanto o A não utilizava filtração secundária alguma. Outro fator que podemos considerar são as condições de trabalho encontradas em cada serviços hospitalar. No hospital A, o sistema foi incluído num serviço de urgência o que infelizmente reflete em condições menos atenciosas ao conceito da ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*) [9].

Em outro artigo denominado "DOSES DE EXPOSIÇÃO EM EXAMES RADIOLÓGICOS REALIZADO EM SISTEMAS CR E TELA-FILME", escritos por Schmidt e Paula, discorrem sobre dois aparelhos de sistemas de aquisição de imagem diferentes, a exemplo dos já citados, onde são realizados exames de rotinas radiográficas de diversas regiões a fim de se comparar as doses (DEP) no paciente em cada sistema [10], como se vê na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2: Percentual de Aumento de Dose do Sistema CR para o Convencional

EXAMES	INCIDÊNCIAS	SISTEMA TELA-FILME	SISTEMA CR	Percentual de aumento de dose
		DEP (mGy)	DEP (mGy)	
Seios paranasais	Waters	2,667	6,451	140,91%
Tórax	PA	0,137	0,216	57,91%
Tórax	Lateral	0,363	0,463	27,55%
Coluna lombar	AP	9,67	16,545	71,08%
Joelho	AP	1,478	3,828	159,03%
Mão	PA	0,053	0,177	235,13%

Fonte: SCHMIDT; PAULA, 2011 [10].

A níveis analíticos de Resolução Espacial e de Baixo Contraste, a técnica utilizando o sistema convencional se sobressai em relação ao sistema digital, uma vez que este último, depende do tamanho do pixel, limitando a resolução de Contraste ou Espacial de sua imagem. Depende também, do número de bits per pixel que a matriz apresenta, influenciando então na resolução de baixo contraste, uma vez que as variações de nos de cinza serão limitadas por isto, o que pode interferir num bom diagnóstico, por exemplo.

Entretanto, o Sistema Digital possui um sistema tão avançado que, mesmo apresentando resolução de contraste limitada, consegue ser superior à visão humana, além de apresentar maior possibilidade de redução de dose no paciente devido à

altíssima eficiência quântica apresentada pelo seu receptor de imagem. O problema com o uso de uma técnica com parâmetros muito baixos (KVp e mAs) para a imagem digital é o ruído que pode predominar nesta, comprometendo o diagnóstico [3].

4 CONCLUSÃO

Concluiu-se que, apesar da divergência de alguns artigos acerca da dose no paciente, a radiologia digital traz diversos benefícios aos pacientes, trabalhadores do serviço radiológico e ao meio ambiente. Comprova-se que a dose superior ao serviço convencional deriva da conduta passiva dos profissionais de não explorarem o potencial otimizador do equipamento digital, o qual permite larga redução de dose, comparado ao sistema convencional, muito embora essa redução traga um ligeiro aumento no ruído da imagem. Dentre outros benefícios, encontra-se a facilidade de acesso às informações de qualquer local do hospital ou fora dele através das redes de computadores. Reduz também, o tempo de espera no diagnóstico do paciente. Conta-se ainda, com a eliminação de insumos químicos de processamento da imagem por filme, tóxicos à saúde e ao meio ambiente. Visto isto, o sistema Radiográfico Digital se mostra mais eficiente e viável que os sistemas radiográficos CR e Convencional.

5 REFERÊNCIAS

- [1] CANDEIRO, G. T. M; BRINGEL, A. S. F; VALE, I. S. Radiologia Digital: Revisão De Literatura. **Revista Odontológica de Araçatuba**, v.30, n.2, p. 38-44, 2009. Disponível em: http://apcdaracatuba.com.br/revista/Volume_30_02_2010/trabalho%207.pdf. Acesso em: 21 de agosto de 2015.
- [2] MENEGOLO, D.R.R. BORSATO, L.A. **Radiologia Digital: Comparação Entre Os Sistemas De Aquisição De Imagem**. Disponível em: <http://tcconline.utp.br/wp-content/uploads/2013/02/RADIOLOGIA-DIGITAL.pdf>. Acesso em: 21 de agosto de 2015.
- [3] BUSHONG, Stewart Carlyle. **CIÊNCIA RADIOLÓGICA PARA TECNÓLOGOS**. 9ª Ed. Rio de Janeiro: MOSBY, 2008. Pag 254-468. e Edição 2010, pag 254-428.
- [4] ROBINSON, Ariel. **VANTAGENS E DESVANTAGENS DA RADIOGRAFIA COMPUTADORIZADA**. Disponível em: http://www.ehow.com.br/vantagens-desvantagens-radiografia-computadorizada-lista_7841/. Acesso em: 21 de agosto de 2015.
- [5] BIASOLI, Antônio. **TÉCNICAS RADIOGRÁFICAS**. Rio de Janeiro: RUBIO, 2006.
- [6] OLIVEIRA, Vanderlei. **RAIO-X DIGITAL**. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfDwAG/raio-x-digital>. Acesso em: 21 de agosto de 2015.

- [7] MENDES, Rodrigo. **GERAÇÃO DA IMAGEM DIGITAL**. Disponível em: <http://portalдарadiologia.com/?p=2721>. Acesso em: 22 de agosto de 2015.
- [8] BOTRANGER. K.L. **Tratado de Posicionamento Radiográfico e Anatomia Associada** - 8ª EDIÇÃO, Elsevier, 2006.
- [9] CARVALHO, Eugênio; GRILO, Ricardo; MATELA, Nuno; PEREIRA, Paulo. Avaliação dos padrões de Dose em Radiologia Pediátrica: Comparação entre Sistemas Convencionais de Películas e Sistemas de Digitalização de Imagens. **Revista Lusófana de Ciência e Tecnologia da Saúde**, p.37-46, 2007.
- [10] SCHMIDT, G. T.; PAULA, V. Doses de exposição em exames radiológicos realizados em sistemas CR e tela-filme. **Disc. Scientia**, v. 12, n. 1, p. 65-75, 2011.
- [11] SANTOS, Aline. Dosimetria Das Radiações Ionizantes. Disponível em: http://www.fisica.net/nuclear/dosimetria_das_radiacoes_ionizantes.pdf – Acesso em: 29 de abril de 2016.

Data do recebimento: 15 de Abril de 2016

Data da avaliação: 25 de Abril de 2016

Data de aceite: 27 de Maio de 2016

-
1. Discente de Graduação Tecnológica em Radiologia pela Faculdade Integrada de Pernambuco (FACIPE).
E-mail: alvaro.santanaa@gmail.com
 2. Discente de Graduação Tecnológica em Radiologia pela Faculdade Integrada de Pernambuco (FACIPE).
E-mail: amandatek@hotmail.com
 3. Discente de Graduação Tecnológica em Radiologia pela Faculdade Integrada de Pernambuco (FACIPE).
E-mail: cm.alves17@hotmail.com
 4. Discente de Graduação Tecnológica em Radiologia pela Faculdade Integrada de Pernambuco (FACIPE).
E-mail: giselmag@outlook.com
 5. Discente de Graduação Tecnológica em Radiologia pela Faculdade Integrada de Pernambuco (FACIPE).
E-mail: linkrh.simone@outlook.com
 6. Discente de Graduação Tecnológica em Radiologia pela Faculdade Integrada de Pernambuco (FACIPE).
E-mail: estefsni@hotmail.com
 7. Docente da Faculdade Integrada de Pernambuco. E-mail: marcos.ely@gmail.com